

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-312885

(43)Date of publication of application : 28.11.1995

(51)Int.Cl.

H02N 15/04

H02K 7/09

H02K 41/02

H02K 55/00

(21)Application number : 06-100987

(71)Applicant : MITSUBISHI MATERIALS CORP

(22)Date of filing : 16.05.1994

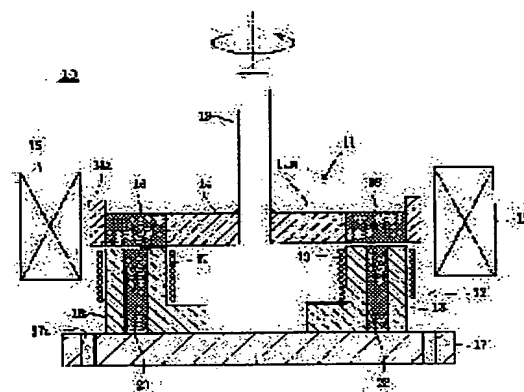
(72)Inventor : KURODA KIYOSHI
SAKURAI TAKESHI
KOMADA KIICHI

(54) SUPERCONDUCTING ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To alleviate the load of a movable element during moving and to eliminate a limit for the positional relationship between the element and a stator by oppositely providing a second superconductor which is made of the same material as that of a first superconductor and can be clamped by a magnetic flux pin to the first superconductor at a core.

CONSTITUTION: A stator 12 is disposed under a rotor 11. The stator 12 has 24 pieces of cores 18 fixed annularly in a pectinated state on a disc 17 and an exciting coil 19 wound on the cores 18. The cores 18 are made of soft magnetic material, and a columnar superconductor 23 which is made of the same material as that of a superconductor 16 and can be clamped by a magnetic flux pin at centers is so embedded as to pass through the cores 18. The upper surface of the embedded superconductor 23 is opposed to the lower surface of the superconductor 16. The cores 18 are fixed to the disc 17 oppositely to the superconductor 16. Specifically, the outer periphery of the superconductor 16 is disposed on that of the core 18, and the inner periphery of the superconductor 16 is disposed as to be opposed to that of the core 18.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-312885

(43) 公開日 平成7年(1995)11月28日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 N 15/04	Z A A			
H 0 2 K 7/09				
41/02	C			
55/00				

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-100987

(22) 出願日 平成6年(1994)5月16日

(71) 出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 黒田 潔

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社中央研究所内

(72) 発明者 桜井 健

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社中央研究所内

(72) 発明者 駒田 紀一

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社中央研究所内

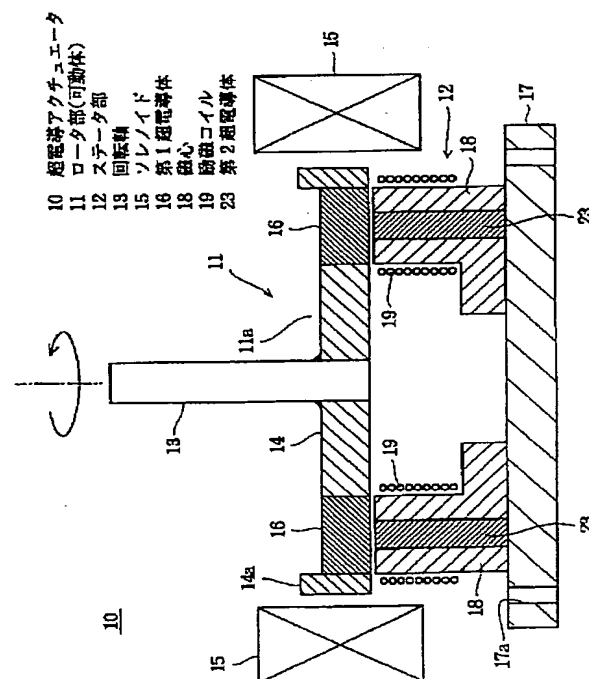
(74) 代理人 弁理士 須田 正義

(54) 【発明の名称】 超電導アクチュエータ

(57) 【要約】

【目的】 可動体の部品点数が少なく、移動中の可動体の負荷を軽減し、かつ可動体とステータ部の位置関係を制限しない。ドーナツ状の超電導体を用いて回転中の無駄なエネルギー消費をなくし、かつ磁束の拡がりを抑える。線状に配置した複数の磁心に沿って可動体を移動可能にする。

【構成】 可動体であるロータ部11とステータ部12を備えた超電導アクチュエータ10に関し、ステータ部は環状に配置された複数の磁心18とこれらの磁心18に巻かれた励磁コイル19とにより構成され、ロータ部は磁束ピン止め可能な、望ましくはドーナツ状の第1超電導体16を含みかつ複数の磁心に対向しながら回転可能に設けられる。磁心18に第1超電導体16と同一材料からなる磁束ピン止め可能な第2超電導体23が第1超電導体に対向して設けられる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 環状又は線状に配置された複数の磁心(18,48)と前記磁心(18,48)に巻かれた励磁コイル(19,49)とにより構成されたステータ部(12,42)と、

磁束ピン止め可能な第 1 超電導体(16,46)を含みかつ前記複数の磁心(18,48)に対向しながら回転可能に又は線状に配置された磁心(48)に沿って移動可能に設けられた可動体(11,41)とを備えた超電導アクチュエータ(10,40)であって、

前記磁心(18,48)に前記第 1 超電導体(16,46)と同一材料からなる磁束ピン止め可能な第 2 超電導体(23,53)が前記第 1 超電導体(16,46)に対向して設けられたことを特徴とする超電導アクチュエータ。

【請求項 2】 第 1 超電導体(16,46)の着磁方向と逆向きにピン止めされた磁束(Φ_s)を打ち消すために前記着磁方向と同方向の磁場を発生するソレノイド(15,45)が前記可動体(11)の周囲に間隔をあけて又は前記可動体(41)の移動経路に沿って設けられた請求項 1 記載の超電導アクチュエータ。

【請求項 3】 第 1 超電導体(16)がドーナツ状に形成され、前記超電導体(16)に対向して環状に複数の磁心(18)を配置し、前記環状の磁心(18)は前記超電導体(16)の外周及び内周に相応する外周及び内周を有する請求項 1 記載の超電導アクチュエータ。

【請求項 4】 磁心(18,48)が 3 の整数倍環状に配置され、前記 3 の整数倍の磁心に 3 組の励磁コイル(19a,19b,19c,49)が磁心毎に複数回巻かれ、かつ前記 3 組の励磁コイルに 3 相交流電流を流すように構成された請求項 1 記載の超電導アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は超電導モータ、超電導リニアアクチュエータ等に代表される超電導アクチュエータに関する。更に詳しくは、可動体及びステータ部の磁心にそれぞれ超電導体を有する超電導アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、超電導アクチュエータとして、図 16 に示すように可動体としてのロータ部 1 とこのロータ部 1 の下方に設けられたステータ部 2 を備えた超電導モータが IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS (Vol.27, No.2, March (1991), 2244) に開示されている。ロータ部 1 は回転軸 3 が中心に固着された非磁性体からなる円板状のロータ本体 4 と、このロータ本体 4 の回転軸 3 の周囲に設けられた 8 個の円柱状の軟磁性体 5 とこれらの軟磁性体 5 のそれぞれに嵌入された 8 個の環状の超電導体 6 とを有する。またステータ部 2 は軟磁性体 5 がロータ本体 4 とともに回転する軌跡に対向して固定円板 7 の上に環状に配置された 24 個の磁心 8 と、これらの磁心 8 に巻かれた 3 組の励磁コイル 9 a, 9 b, 9 c と、ロー

タ部 1 の回転軸 3 の下端を受ける軸受 7 a とを有する。励磁コイル 9 a, 9 b, 9 c は、連続した 3 個の磁心 8 を 1 ブロックとして 8 個のブロック間をそれぞれジグザグに通って図示しない電源端子につながっている。励磁コイル 9 b は励磁コイル 9 a より磁心を 1 つずらして励磁コイル 9 a と同様に巻かれ、励磁コイル 9 c は励磁コイル 9 b より更に磁心を 1 つずらして励磁コイル 9 a と同様に巻かれる。

【0003】ロータ部 1 の回転軸 3 の下端をステータ部 2 の軸受 7 a に挿入し、超電導体 6 を臨界温度以下に冷却する。この状態で、先ずステータ部 2 の励磁コイル 9 a, 9 b, 9 c にそれぞれ同一方向に直流電流を流して 24 個の磁心 8 に磁場を発生させると、この磁場が軟磁性体 5 を貫いて超電導体 6 の内部に永久電流を発生させる。次いで励磁コイル 9 a ~ 9 c に流していた直流電流を切ると、超電導体 6 の永久電流によりロータ部 1 の軟磁性体 5 に磁場が発生する。次に励磁コイル 9 a ~ 9 c に再度直流電流を流す。このとき同一方向に流していた 3 組の励磁コイルのうち 1 組のコイルには他の 2 組のコイルと逆方向に直流電流を流す。これにより磁心 8 には 3 組のコイルに同一方向の直流電流を流した場合とは違った変則的な磁場が磁心毎に生じ、この磁場と超電導体 6 の永久電流により生じた軟磁性体 5 の磁場との斥力によりロータ部 1 がステータ部 2 から浮上し、しかも変則的な磁場の発生により、ロータ部 1 は回転軸 3 を中心に回転する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の超電導アクチュエータでは、可動体であるロータ部に 8 個の重い軟磁性体を用いるため、部品点数が多いばかりか、回転負荷を増大させている。また図 17 に示すように軟磁性体 5 に磁場を発生させたときには、軟磁性体 5 の全半径方向に磁束 Φ の回路が存在するため、軟磁性体 5 の下部ではこれらの磁束 Φ が磁心 8 の上面より抜がってしまい、軟磁性体 5 の磁束 Φ を有効に利用できない。更にロータ部の磁場とステータ部の磁場との斥力がロータ部の回転駆動力であるため、ロータ部をステータ部の下方に設けると、重力によりロータ部はステータ部と離反してしまう問題点があった。

【0005】本発明の目的は、可動体の部品点数が少なく、移動中の可動体の負荷を軽減し、かつ可動体とステータ部の位置関係に制限のない超電導アクチュエータを提供することにある。

【0006】本発明の別の目的は、ドーナツ状の超電導体を用いて磁心の磁場を発生する面積より超電導体の面積を広げることにより、可動体であるロータ部の回転中の無駄なエネルギー消費をなくし、かつ磁束の抗がりを抑える超電導アクチュエータを提供することにある。

【0007】本発明の更に別の目的は、線状に配置した複数の磁心に沿って可動体を移動することができる超電

導アクチュエータを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】図1及び図4に示すように、本発明の第1超電導アクチュエータ10は環状に配置された複数の磁心18とこれらの磁心18に巻かれた励磁コイル19とにより構成されたステータ部12と、磁束ピン止め可能な第1超電導体16を含みかつ複数の磁心に対向しながら回転可能に設けられた可動体であるロータ部11とを備え、その磁心18に第1超電導体16と同一材料からなる磁束ピン止め可能な第2超電導体23が第1超電導体16に対向して設けられる。

【0009】図14及び図15に示すように、本発明の第2超電導アクチュエータ40は線状に配置された複数の磁心48とこれらの磁心に巻かれた励磁コイル49とを有するステータ部42と、磁束ピン止め可能な第1超電導体46を含みかつ複数の磁心48に対向しながら線状に配置された磁心48に沿って移動可能に設けられた可動体41とを備え、その磁心48に第1超電導体と同一材料からなる磁束ピン止め可能な第2超電導体53が第1超電導体46に対向して設けられる。

【0010】図1及び図15に示すように、超電導体16、46の着磁方向と逆向きにピン止めされた磁束を打ち消すためにこの着磁方向と同方向の磁場を発生するソレノイド15、45を超電導体16の周囲に間隔をあけて、又は可動体46の移動経路に沿って設けることが好ましい。これはピン止めされた磁束が打ち消された超電導体部分にはマイスナ効果が現れ、励磁コイル19、49から発生する磁場に対する斥力が高まり、回転速度又は走行速度が増加するためである。このことを超電導体16を代表して図2及び図3により具体的に説明する。図2(a)に示すような磁束ピン止め可能な超電導体16の上面に図2(b)に示すように一定の距離Dをあけて2つの約3,300Oeの永久磁石21、21を置き、超電導体16を着磁すると、超電導体16に着磁部16aが生じ、図2(c)に示すように磁石21、21を除いても超電導体16のピン止め効果により超電導体上面の着磁部16aには着磁方向に750Oeの磁束 Φ_1 を生じる。一方、超電導体上面の着磁部の間の非着磁部16bには着磁方向と逆向きの200Oeの磁束 Φ_2 を生じる。図2(d)は超電導体16の着磁部16aとその間の非着磁部16bの各上面部分の着磁の様子をグラフ化したものである。超電導体16の長さ方向はグラフの横軸に対応する。図3(a)に示すようにこの超電導体16に逆方向の磁束 Φ_2 を打ち消す程度の例えば永久磁石22を置き、磁場を再度かけた後、図3(b)に示すように磁石22を除くと、図3(c)に示すように非着磁部16bの上面部分は完全反磁性を示し、マイスナ効果を奏するようになる。

【0011】

【作用】図1及び図5(a)に示す超電導体16及び2

3を臨界温度以下に冷却した状態で、先ずステータ部12の複数の励磁コイル19に同一方向に直流電流を流して環状に配置された複数の磁心18全てに同一方向の磁場を発生させると、図8(a)、図8(b)及び図5(b)に示すようにこの磁場により超電導体16の下面の着磁部には磁束 Φ_1 が、また超電導体23の上面には磁束 Φ_2 がそれぞれピン止めされる。このとき超電導体16の下面の着磁部間の非着磁部には着磁磁場と逆方向に磁束 Φ_2 がピン止めされる。磁束 Φ_1 及び Φ_2 の各ピン止め方向は同一であって、超電導体16及び23の持つマイスナ効果もあり、超電導体16と超電導体23は引力及び斥力によりつりあいを示し、可動体であるロータ部11はステータ部12から浮上して保持される。次いで励磁コイル19に流していた直流電流を切って、図1に示すソレノイド15によりこの磁束 Φ_2 を打ち消す磁場を一時的にかければ、図9(a)、図9(b)及び図5(b)に示すように磁束 Φ_2 が消滅し、超電導体16の下面部分には磁束 Φ_1 のみが、また超電導体23の上面部分には磁束 Φ_2 がピン止めされるようになる。説明を簡単にするために、図9では超電導体23及び磁束 Φ_2 を省いている。次に複数のコイル19に電流を流すことにより、好ましくは複数の磁心18を3の倍数にし、3個の磁心を1ブロックとしてこのブロック毎のコイル19に3相交流電流を流すことにより、図5(c)に示すようにステータ部12に回転磁場Rを発生させる。ここでステータ部12の超電導体23にはマイスナ効果があり、回転磁場Rは超電導体23には侵入できないが、初めにピン止めされた磁束 Φ_1 及び Φ_2 の斥力及び引力によりロータ部11は浮上した状態で、超電導体23を除く磁心18の部分に発生した回転磁場Rにより回転する。

【0012】超電導体16を図4に示すドーナツ状に形成すれば、図10に示すように超電導体16の周縁の半径方向において磁束 Φ_2 が閉回路を構成するけれども、超電導体16のその他の部分においては磁束は閉回路を構成しない。特に超電導体16の周方向の着磁部間の非着磁部は完全反磁性を示すマイスナ効果のため、磁場排斥効果を生じ、その領域には超電導体に着磁した磁束 Φ_1 を吸収する磁束は入り込めない。図10において、16bは非着磁部を示す。この結果、図17に示した従来の超電導アクチュエータの超電導体6が磁束の漏れが多かったものが、図4に示すドーナツ状の超電導体16を用いれば、超電導体の磁束の漏れを軽減でき、励磁コイル19の磁場により超電導体16に生じるピン止めされた磁束を有効利用してロータ部11の回転力を増加させることができる。また、超電導体16の磁束ピン止め効果のために、超電導体の着磁部はそれ自体が磁石として振る舞い、この着磁部と磁心とは磁心に生じた磁極に応じて斥力のみならず互いに引力を生じるため、例えばロータ部11をステータ部12の下方に配置してもロータ部

11は落下しない。これにより例えばロータ部11の中心に回転軸13を設けておけば、この回転軸13を所望の方向に制限なく設けることができ、かつ回転軸13から回転力を取り出すことができる。更に、図14に示すように第2超電導体53を有する磁心48を複数個線状に配置し、磁心48に可動体41を載せて、励磁コイル49に上記と同様に電流を流せば、可動体41を磁心48に沿って移動させることができる。

【0013】

【実施例】次に、本発明の実施例を図面に基いて詳しく説明する。

<実施例1>図1、図4～図6に示すように、この例では超電導体16は磁束ピン止め可能な $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ からなり、ドーナツ状をなし、その内周部分には非磁性体であるアルミニウムからなる円板状のロータ本体14が固着される。超電導体16は外径が0.05m～0.2m、外径：内径：厚み＝1：0.5～0.7：0.08～0.12の寸法を有する。このロータ本体14の中心には回転軸13が固着され、超電導体16の外周部分にはロータ本体14と同じ材質の環状フレーム14aが固着される。回転軸13はロータ本体14の下面からは突出せず、上面からのみ突出する。回転軸13、ロータ本体14、超電導体16及びフレーム14aにより可動体であるロータ部11が構成される。

【0014】ロータ部11の下方にはステータ部12が配置される。ステータ部12は基台となる円板17と、この円板17上に環状にかつ櫛歯状に固着された24個の磁心18と、これらの磁心18に巻かれた励磁コイル19とを有する。円板17の周縁には取付孔17aが設けられる。24個の磁心18は軟磁性体からなり、それぞれの中心部には超電導体16と同一材料からなる磁束ピン止め可能な円柱状の超電導体23が磁心18を貫通するように埋込まれる。埋込まれた超電導体23の上面は超電導体16の下面に対向する(図5)。これらの磁心18は超電導体16に対向して円板17に固着される。具体的には超電導体16の外周が磁心18の外周に、また超電導体16の内周が磁心18の内周にそれぞれ相対するように配置される。磁心18に巻かれる励磁コイル19は、3相交流を流せるように3組のコイル19a、19b及び19cにより構成される。コイル19aは24個の磁心のうち2個おきに8個の磁心にそれぞれ多数回巻かれ、コイル19bはコイル19aを巻いた磁心より1つずらした8個の磁心にそれぞれ多数回巻かれ、コイル19cはコイル19bを巻いた磁心より更に1つずらした8個の磁心にそれぞれ多数回巻かれる。図1及び図4に示すように、回転軸13が24個の磁心18の環状中心になるように、ロータ部11をステータ部12の上に配置する。この状態で環状フレーム14aの外周に間隔をあけてソレノイド15が設けられる。図4にはソレノイド15は省略してある。

【0015】このような構成の超電導モータ10を超電導体16及び23の臨界温度以下に冷却する。例えば、図1に示すフレーム14aと超電導体16とロータ本体14で形成される凹部11aに液体窒素を満ちし、磁心18の周囲を液体窒素で冷やす。この状態で励磁コイル19a～19c全てに同一方向に直流電流を流し、全ての磁心18に図7に示すように磁場を発生させ、その磁場でロータ部11の冷却された超電導体16及びステータ部12の超電導体23にそれぞれ磁束をピン止めさせる。図8(a)、図8(b)及び図5(b)に示すようにピン止め効果により、超電導体16の下面の着磁部に7500eの磁束 Φ_1 が発生する一方、超電導体16の下面の着磁部間の非着磁部には着磁方向と逆向きに2000eの磁束 Φ_2 が発生する。超電導体23の上面には1,300eの磁束 Φ_3 が発生する。磁束 Φ_1 及び Φ_3 の各ピン止め方向は同一であって、超電導体16と超電導体23は引力及び斥力によりつりあいを示し、ロータ部11は浮上して保持される。ここで、図1に示すソレノイド15に電流を流してこの磁束 Φ_2 を打ち消す磁場を超電導体16の着磁方向と同方向にかける。これにより、実際に超電導体16の下面にピン止めされている磁束の超電導体の各部分における状況は図9(a)、図9(b)及び図5(b)に示すようになる。

【0016】次いで、コイル19a～19cに流していた直流電流を切った後、コイル19a～19cに3相交流電流を流し、櫛歯状の24個の磁心18に回転磁場を生じさせる。この状況を図11及び図12に基づいて説明する。図6、図7及び図12では磁心18及びコイル19の配置及び各磁場の発生状況を分かり易くするために、便宜的にロータ部11をステータ部12から上方に浮かせた状態を示す。また図12ではコイルを省略している。

【0017】図11の上部に24個の磁心のうち9個の磁心18a～18iと各磁心に巻かれたコイル19a、19b及び19cを示す。前述したようにコイル19aは磁心18a、18d及び18gに巻かれ、コイル19bは磁心18b、18e及び18hに巻かれ、コイル19cは磁心18c、18f及び18iに巻かれる。コイル19aには3相交流電流のうちU-相が、コイル19bにはV-相が、コイル19cにはW-相がそれぞれ流れる。U-相、V-相及びW-相は互いに120度位相を異にする。図11のこれらのコイル19a～19c及び磁心18a～18iの下方にはこれらのコイル及び磁心によって生じる磁場のタイムチャートを磁心に対応させて示す。タイムチャートのそれぞれの波形のたて軸は磁場を、よこ軸は磁心の位置をそれぞれ示す。このタイムチャートの波形(a)は図12(a)に、波形(b)は図12(b)にそれぞれ対応する。

【0018】図9(a)の磁束 Φ_1 に示される超電導体16のピーク磁場(7500e)は本来N極とS極の両

磁極が一体となって超電導体16にピン止めされた磁束を意味するが、説明を簡単にするために、このピーク磁場、即ち図9(b)に示す超電導体16の下面の各着磁部の磁極の上向きを例えばN極とし、図11の波形

(a)に示すコイル19aが巻かれる磁心18a, 18d, 18gにS極が生じると仮定すると、コイル19bが巻かれる磁心18b, 18e, 18h及びコイル19cが巻かれる磁心18c, 18f, 18iはN極になる。従って、図12(a)の状態では磁心18a, 18d, 18gとこれらに対向する超電導体16とは引力(図12(a)の実線矢印及び図9(b)参照)を生じ、それ以外の磁心18b, 18c, 18e, 18f, 18h及び18iと対向する超電導体16とは斥力(図12(a)の破線矢印及び図9(b)参照)を生じる。時間の経過により、図11の波形(b)に示すコイル19cが巻かれる磁心18c, 18f, 18iにN極が生じ、それ以外の磁心にS極が生じると、図12(b)に示すように磁心18c, 18f, 18iとこれらに対向する超電導体16とは斥力(図12(b)の破線矢印)を生じ、それ以外の磁心と対向する超電導体16とは引力(図12(b)の実線矢印)を生じる。図11の符号Pの破線に示すように、時間の経過とともに引力を生じる磁心の位置が変化するため、図12(b)に示すようにロータ部11は矢印の方向に回転する。この例ではステータ部12に生じた回転磁場と超電導体16にピン止めされた磁束の斥力及び引力によりロータ部11はステータ部12から浮上した状態で約380rpmの回転数で回転する。

【0019】<実施例2>磁心の数を9個にした以外は、実施例1と同様にロータ部及びステータ部を構成した。この超電導モータは実施例1と比して同じ電源周波数で回転数が約2.6倍増加した。

【0020】<実施例3>磁心の数を48個にした以外は、実施例1と同様にロータ部及びステータ部を構成した。この超電導モータは実施例1と比して同じ電源周波数で回転数が約半分に減少した。

【0021】<実施例4>図13に示すロータ部31を用いた以外は実施例1と同一のステータ部(図示せず)を用いて、実施例1と同様にしてロータ部31を回転させた。このロータ部31は円板状のロータ本体34とこのロータ本体と一体的に設けられた環状フレーム34aとロータ本体34の中心に貫通して設けられた回転軸33を備える。この例では超電導体36は小円板状に形成され、ロータ本体34の軸33の周囲にあけられた8個の円形の貫通孔34bにそれぞれ丁度埋め込まれる。実施例1のドーナツ状の超電導体16と異なって、ロータ本体34の周方向にも磁束の漏れがみられたため、このロータ部31を用いた超電導モータは実施例1と比して同じ電源周波数で回転トルクが約半分に減少した。

【0022】<実施例5>図14及び図15に示すよう

に、この例では超電導アクチュエータ40は、線状に配置された複数の磁心48とこれらの磁心に巻かれた励磁コイル49とを有するステータ部42と、磁束ピン止め可能な超電導体46からなる可動体41とを備える。可動体41、即ち超電導体46は実施例1の超電導体16と同一材料により直方体に形成され、複数の磁心48に対向しながらこれらの磁心48の配列方向に移動可能に設けられる。複数の磁心48は軟磁性体からなり、それぞれの中心部には超電導体46と同一材料からなる磁束ピン止め可能な円柱状の超電導体53が磁心48を貫通するように埋込まれる。図15に示すように、埋込まれた超電導体53の上面は超電導体46の下面に対向する。複数の磁心48は櫛歯状に直線的に設けられ、可動体41である超電導体46の幅は磁心48の幅に一致する。磁心48に巻かれる励磁コイル49は、3相交流を流せるように実施例1と同様に3組のコイルにより構成される。また可動体41の移動経路である磁心48に沿ってソレノイド45が設けられる。

【0023】このような構成の超電導アクチュエータ40では、超電導体46及び53を臨界温度以下に冷却した状態で、先ずステータ部42の複数の励磁コイル49に同一方向に直流電流を流して直線状に配置された複数の磁心48全てに同一方向の磁場を発生させると、図示しないがこの磁場により超電導体46の下面の着磁部及び超電導体53の上面に磁束がそれぞれピン止めされる。このとき超電導体46の下面の着磁部間の非着磁部には着磁磁場と逆方向に磁束がピン止めされる。超電導体46及び53の磁束の各ピン止め方向は同一であって、超電導体46及び53の持つマイスナ効果もあり、超電導体46と超電導体53は引力及び斥力によりつりあいを示し、可動体41はステータ部42から浮上して保持される。

【0024】次いで励磁コイル49に流していた直流電流を切って、図15に示すソレノイド45により超電導体46の下面の着磁部間の非着磁部に生じた着磁磁場と逆方向の磁束を打ち消す磁場を一時的にかければ、この磁束が消磁し、超電導体46の下面の着磁部及び超電導体53の上面にのみ磁束がそれぞれピン止めされる。次に複数のコイル49に3相交流電流を流すと、実施例1と同じ原理により櫛歯状の複数の磁心18に可動体41をリニア方向に駆動する磁場が生じる。この例ではステータ部42に生じた駆動磁場と超電導体46にピン止めされた磁束の斥力及び引力により可動体41はステータ部42から浮上した状態で約60m/分の速度で走行する。

【0025】なお、上記例では超電導体として、 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ からなる超電導体を挙げたが、磁束ピン止め可能な超電導体であれば、これに限るものではない。また、ロータ本体の材質としてアルミニウムを挙げたが、ロータ本体にはアルミニウム合金の他、マグネシウ

10

20

30

40

50

ム、ベリリウム、チタンなどの非磁性体の低比重金属の単体又は合金を用いることもでき、またロータ本体を超電導体で形成してもよい。

【0026】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の超電導アクチュエータは、図16に示した従来のものに比べて、磁束ピン止め効果を利用するために可動体であるロータ部に重い軟磁性体を使う必要がなく、また超電導体を環状に加工する必要もない。ロータ本体、環状フレーム及び回転軸に軽金属を用いれば、ロータ部の重量を従来のものより約55%軽減できる。これにより部品点数を僅かにしてロータ部の軽量化をはかることができ、同時にロータ部の回転力を増加させることができる。本発明のロータ部の超電導体はステータ部の磁心に対して引力と斥力が働くため、ロータ部とステータ部の位置関係に制限がなくなる。特に、超電導体をドーナツ状にすることにより、磁場の引力と斥力の働く有効な面積が広くなり、回転中の無駄なエネルギー消費をなくし、かつ磁束の拡がりを抑えて大幅に回転力を向上することができる。

【0027】また磁心に第2の超電導体を設けることにより、励磁コイルに直流電流を流した後で、可動体がステータ部より浮上して保持される。これにより図1では回転軸を軸受で支える必要がなくなり、回転抵抗のない状態で可動体であるロータ部を回転させることができる。また図14に示すように可動体を磁心の配列方向に移動できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超電導アクチュエータの中央縦断面図。

【図2】(a)その超電導体の初期状態の断面図。

(b)その超電導体の上面に磁石を配置して磁場をかけている状態を示す断面図。

(c)その着磁した超電導体の断面図。

(d)その超電導体の着磁上面の磁束を示す図。

【図3】(a)図2(c)の超電導体の着磁方向と逆向きに生じた磁束を打ち消すために磁石を配置して磁場をかけている状態を示す断面図。

(b)その磁束が打ち消された超電導体の断面図。

(c)その超電導体の着磁上面の磁束を示す図。

【図4】本発明実施例の超電導アクチュエータのロータ部及びステータ部の分解斜視図。

【図5】(a)磁心を励磁する前のロータ部及びステー

タ部の断面図。

(b)励磁コイルに直流電流を流した状態のロータ部及びステータ部の断面図。

(c)励磁コイルに3相交流電流を流した状態のロータ部及びステータ部の断面図。

【図6】そのロータ部及びステータ部を組合せた斜視図。

【図7】そのロータ部の超電導体の初期着磁状態を示す斜視図。

【図8】(a)その超電導体下面に最初に磁場をかけたときの着磁下面の磁束を示す図。

(b)その超電導体下面に最初に磁場をかけたときの磁心とコイルと超電導体の展開断面図。

【図9】(a)図8の超電導体の着磁方向と逆向きに生じた磁束が打ち消された着磁下面の磁束を示す図。

(b)その逆方向に生じた磁束を打ち消すときの磁心とコイルと超電導体の展開断面図。

【図10】その超電導体の周縁に生じた磁束を示す図。

【図11】その励磁コイルを巻いた磁心に生じる磁場を展開して示すタイムチャート。

【図12】そのステータ部に回転磁場が生じる状況を示すロータ部及びステータ部の斜視図。

【図13】別の実施例の超電導アクチュエータのロータ部の斜視図。

【図14】更に別の実施例の超電導アクチュエータの斜視図。

【図15】図14に示す超電導アクチュエータの中央縦断面図。

【図16】従来例の超電導アクチュエータのロータ部及びステータ部の斜視図。

【図17】その超電導体に生じた磁束を示す図。

【符号の説明】

10, 40 超電導アクチュエータ

11, 31 ロータ部(可動体)

12, 42 ステータ部

13, 33 回転軸

15, 45 ソレノイド

16, 46 第1超電導体

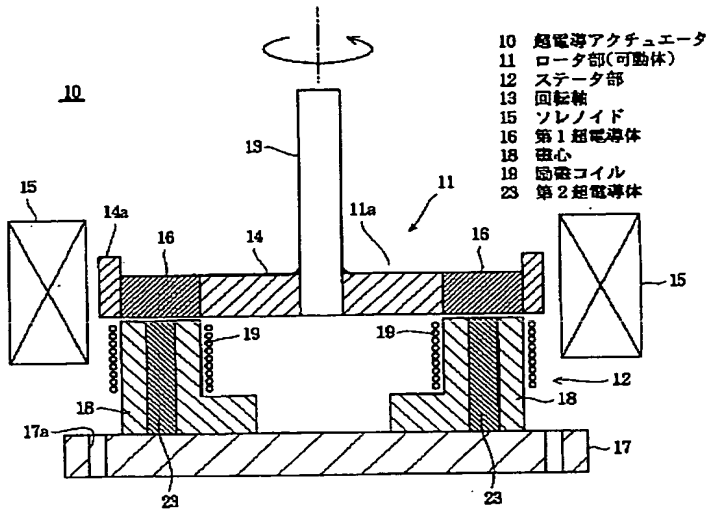
18, 48 磁心

19, 49 励磁コイル

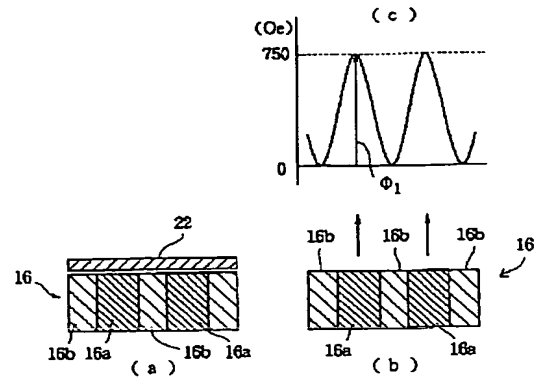
23, 53 第2超電導体

41 可動体

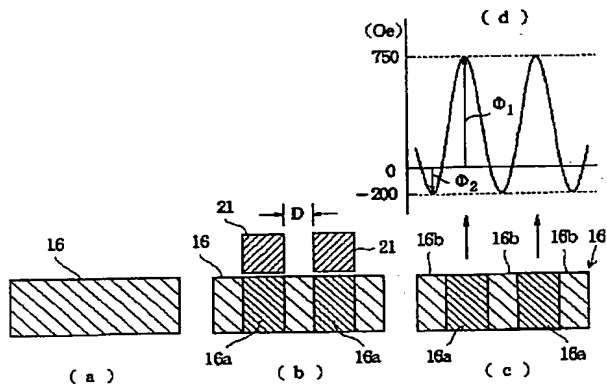
【図 1】



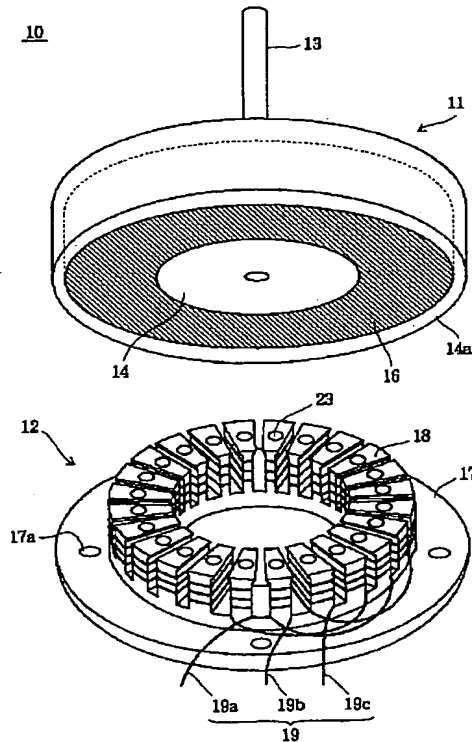
【図 3】



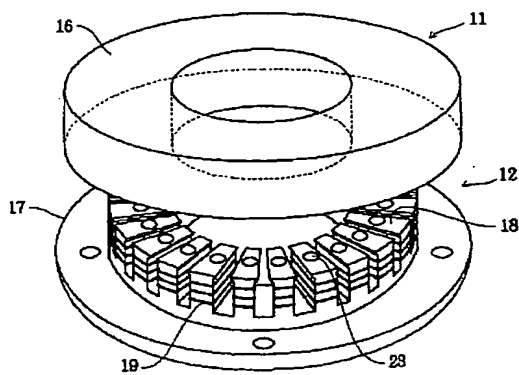
【図 2】



【図 4】



【図 6】



【圖 10】

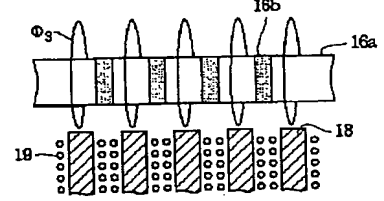
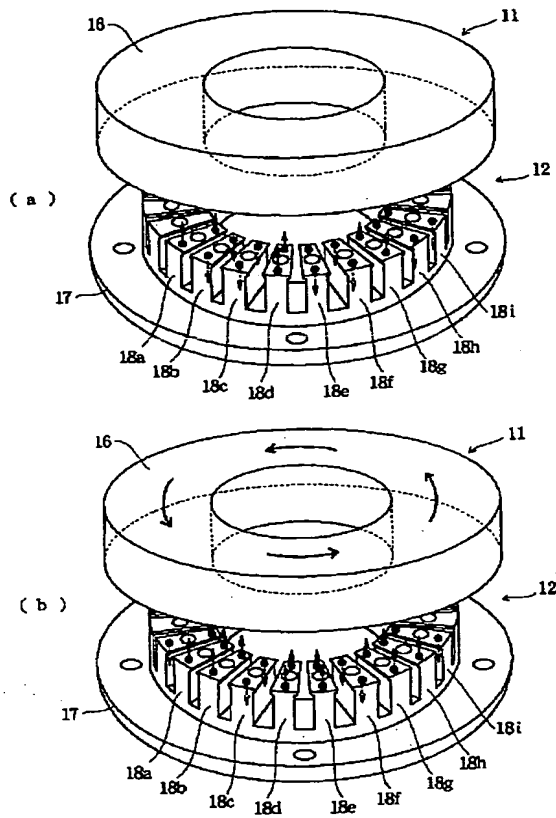
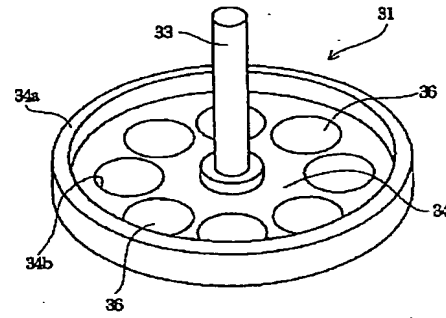


Figure 1 consists of two parts. Part (a) is a graph showing the magnetic field (Oe) on the vertical axis, ranging from 0 to 750. The horizontal axis represents position. The graph displays a series of oscillations, with peaks labeled $N(S)$ and troughs labeled $S(N)$. A phase shift Φ_1 is indicated between two peaks. Part (b) is a schematic diagram of a layered structure. The top part shows a cross-section of a material with alternating layers labeled N and $N(S)$, with a layer number 16 indicated. The bottom part shows a cross-section of a material with alternating layers labeled $18a$, $18b$, $18c$, $18d$, $18e$, $19a$, and $19b$, with a layer number 18 indicated.

【図12】

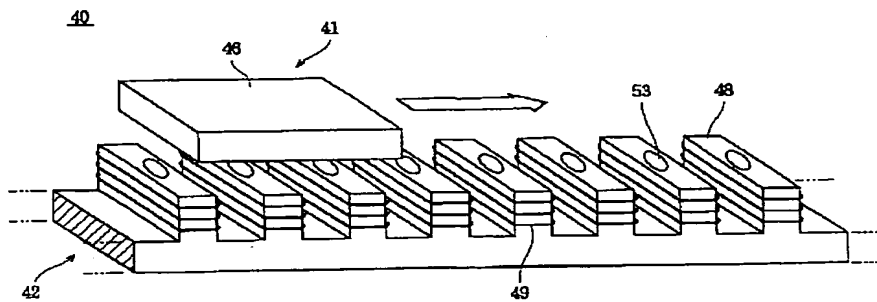


【図13】

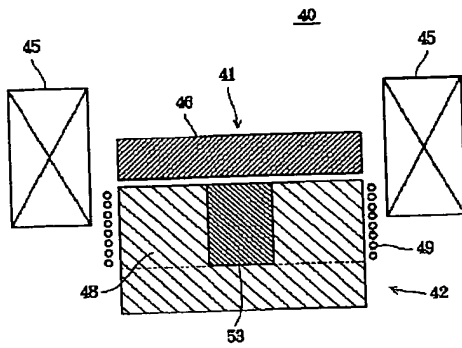


- 31 ロータ部
33 回転軸
34 ロータ本体
36 超電導体

【図14】

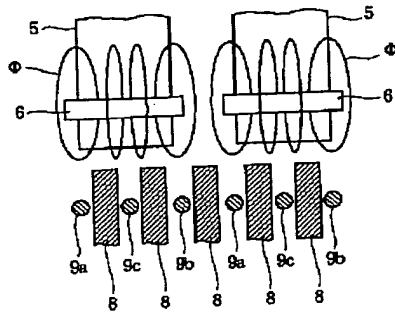


【図15】



- 40 超電導アクチュエータ
 41 可動体
 42 ステータ部
 45 ソレノイド
 48 第1超電導体
 49 磁心
 53 第2超電導体

【図17】



【図16】

